

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-307879

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
G02B 7/198
H01S 3/10

(21)Application number : 10-123933

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 20.04.1998

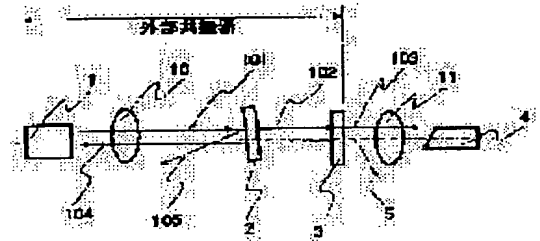
(72)Inventor : OGUMA TAKESHI

(54) VARIABLE WAVELENGTH LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a variable wavelength laser which is small-sized and easy to manufacture, and by which high-power output can be obtained over a wide variable wavelength range.

SOLUTION: A laser device 1, a laser side lens 10, a variable wavelength variable light band-pass filter 2, a half mirror 3, a fiber side lens 11 and a fiber 4 are disposed on an axis 5. In this case, the variable wavelength light band-pass filter 2 comprises an elastic supporting thin film of an insulator, a Fabry-Perot opening, an electrode for driving, an electrode for a displacement sensor and a gap maintaining spacer. A reflecting mirror of dielectric multilayer film is formed at the Perot opening.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	20.04.1998
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	20.04.2001
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3450180
[Date of registration]	11.07.2003
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2001-08472
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	21.05.2001
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-307879

(43) 公開日 平成11年 (1999) 11月5日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

FI

H01S 3/18
G02B 7/198
H01S 3/10

H01S 3/18
3/10
G02B 7/18

Z
C

審査請求 有 請求項の数8 FD (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平10-123933

(22) 出願日

平成10年 (1998) 4月20日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 小熊 健史

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式
会社内

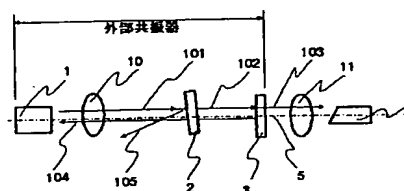
(74) 代理人 弁理士 堀 城之

(54) 【発明の名称】 波長可変レーザー

(57) 【要約】

【課題】 小型で製造容易、かつ広範な波長可変範囲で高出力を得ることが可能な波長可変レーザーを実現することを課題とする。

【解決手段】 中心軸5上にレーザー素子1、レーザー側レンズ10、波長可変光バンドパスフィルタ2、ハーフミラー3、ファイバ側レンズ11、ファイバ4が配置された構成である。波長可変光バンドパスフィルタ2は、絶縁体である弾性支持薄膜201、反射部202に形成されたファブリ・ペロー開口部203、駆動用電極204、変位センサ用電極205、ギャップ保持用スペーサ206にて構成される。ファブリ・ペロー開口部203には誘電体多層膜による反射ミラー207が形成される。



- 1 レーザー素子
- 2 波長可変光バンドパスフィルタ
- 3 ハーフミラー
- 4 ファイバ
- 5 中心軸
- 10 レーザー側レンズ
- 11 ファイバ側レンズ
- 101 レーザー素子からの放射光
- 102 バンドパスフィルタを透過した光
- 103 ハーフミラーを透過した光
- 104 ハーフミラーで反射した光
- 105 バンドパスフィルタで反射した光

FP04-0159-00WO-HP
04.9.07
SEARCH REPORT

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザー素子からの出射光を光ファイバに結合させる光路上に、前記レーザー素子からの出射光を平行光に変換するレーザ側レンズと、その平行光の透過中心波長調整機構を持つ波長可変光バンドパスフィルタと、その波長可変光バンドパスフィルタからの入射光の一部を反射して前記レーザー素子へ帰還させるハーフミラーとを含む外部共振器を配置した波長可変レーザーであって、前記ハーフミラーと光ファイバとの間に、前記ハーフミラーからの入射光を前記光ファイバに結合する像変換用のファイバ側レンズを配置したことを特徴とする、波長可変レーザー。

【請求項2】 前記像変換用のファイバ側レンズに、光ファイバに結合すべき光の波長変化による結合効率の低下を防ぐための非球面レンズを用いたことを特徴とする、請求項1に記載の波長可変レーザー。

【請求項3】 レーザー素子からの出射光を光ファイバに結合させる光路上に、前記レーザー素子からの出射光を平行光に変換するレーザ側レンズと、その平行光の透過中心波長調整機構を持つ波長可変光バンドパスフィルタと、その波長可変光バンドパスフィルタからの入射光の一部を反射して前記レーザー素子へ帰還させるハーフミラーとを含む外部共振器を配置した波長可変レーザーであって、前記波長可変光バンドパスフィルタに、ファブリ・ペロー型マイクロマシン光波長可変フィルタを用いたことを特徴とする、波長可変レーザー。

【請求項4】 前記ハーフミラーと光ファイバとの間に、前記ハーフミラーからの入射光を前記光ファイバに結合する像変換用のファイバ側レンズを配置したことを特徴とする、請求項3に記載の波長可変レーザー。

【請求項5】 前記光波長可変フィルタは、互いに間隔を有するように配置された絶縁体からなる弾性支持薄膜と、それら弾性支持薄膜の中央部に形成された反射部と、その反射部に形成されたファブリ・ペロー開口部、駆動用電極及び変位センサ用電極と、前記ファブリ・ペロー開口部に形成され、互いに間隔を有する形態で平行配置された誘電体多層膜による一対の反射ミラーと、その一対の反射ミラーの間隔を保持するために配置されたギャップ保持用スペーサとを備え、前記駆動用電極に対する印可電圧に基づいて前記一対の反射ミラー間の間隔を制御することにより透過中心波長を変化させる機能を有することを特徴とする、請求項3に記載の波長可変レーザー。

【請求項6】 前記駆動用電極を複数設けたことを特徴とする、請求項5に記載の波長可変レーザー。

【請求項7】 前記変位センサ用電極間の静電容量を測定する手段と、その測定値に基づいて前記反射ミラー間のギャップ長をモニタし、目的とするギャップ長となるように前記駆動用電極に対する印可電圧を制御する手段とを含むことを特徴とする、請求項5又は6に記載の波

長可変レーザー。

【請求項8】 前記変位センサ用電極を複数設けたことを特徴とする、請求項7に記載の波長可変レーザー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、連続的な発振波長可変動作を可能とし、安定したシングルモード発振を行うため波長可変レーザーの技術に関する。

【0002】

10 【従来の技術】 近年盛んに行われている、1本のファイバに複数の波長の光を伝送する波長多重伝送では、光源用として複数の異なる波長のレーザー光源を必要としている。またこれらの光源は、良好な伝送品質を確保するために極めて正確に制御する必要がある。

【0003】 現状、これらの光源は、レーザー素子の共振器長を変えることで製造を行っているが、製造歩留まりの悪いこと、波長が固定されているために保守対応時に再度レーザー素子を製造する必要があるなどの問題点が存在する。上記の問題点は、外部共振器型レーザーを用いることにより解決する。外部共振器型レーザーの従

20 来例を図9に示す。
【0004】 上記従来例では、半導体レーザー素子1aの外側に、回折格子1bを配置し、回折格子1bを回転させることで、波長選択を行い、レーザーの発振波長を可変させている。ここで、1cはレンズ、1dは光ファイバを示している。

【0005】 しかしながら、この従来例では、波長の選択分解能が回折格子1bのピッチに依存し、段階的な波長可変動作となるため、無段階の波長可変動作を行うことは不可能である。更に波長可変範囲を大きく設定する場合、回折格子1bの大きさが大きくなるために小型化、低価格化が困難となる欠点がある。

【0006】 これらの問題を解決するために、マイクロマシン技術で形成した可変ミラーを用いた可変共振器型波長可変レーザーが提案されている（Optonews（1997）No. 2, p122）。提案されている構成を図9に示す。

【0007】 上記提案では、マイクロマシンで形成した可変ミラー（反射ミラー）2bをレーザー素子2aの後方に素子端面と平行に配置し外部共振器を形成している。可変ミラー2bを中心軸方向に前後に動かすことで、共振器長が変わり、レーザーの発振波長が変化する。ここで、2cはレンズ、2dは光ファイバをそれぞれ示している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記提案では、可変ミラー2bとレーザー素子2aの端面とを平行に配置する必要があるため、製造が困難であること、外部共振器での損失が大きく、高出力が得られない欠点がある。

【0009】本発明は、かかるべき従来例の欠点を克服し、小型で製造容易、かつ広範な波長可変範囲で高出力を得ることが可能な波長可変レーザーを実現することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明では、レーザー素子からの出射光を光ファイバに結合させる光路上に、レーザー素子からの出射光を平行光に変換するレーザ側レンズと、その平行光の透過中心波長調整機構を持つ波長可変光バンドパスフィルタと、その波長可変光バンドパスフィルタからの入射光の一部を反射して前記レーザー素子へ帰還させるハーフミラーとを含む外部共振器を配置した波長可変レーザーであって、前記ハーフミラーと光ファイバとの間に、ハーフミラーからの入射光を前記光ファイバに結合する像変換用のファイバ側レンズを配置した。その場合、像変換用のファイバ側レンズに、光ファイバに結合すべき光の波長変化による結合効率の低下を防ぐための非球面レンズを用いることもできる。また、本発明では、レーザー素子からの出射光を光ファイバに結合させる光路上に、前記レーザー素子からの出射光を平行光に変換するレーザ側レンズと、その平行光の透過中心波長調整機構を持つ波長可変光バンドパスフィルタと、その波長可変光バンドパスフィルタからの入射光の一部を反射してレーザー素子へ帰還させるハーフミラーとを含む外部共振器を配置した波長可変レーザーであって、波長可変光バンドパスフィルタに、ファブリ・ペロー型マイクロマシン光波長可変フィルタを用いる構成とした。その場合、ハーフミラーと光ファイバとの間に、前記ハーフミラーからの入射光を前記光ファイバに結合する像変換用のファイバ側レンズを配置する構成とすることもできる。ここで、光波長可変フィルタは、互いに間隔を有するように配置された絶縁体からなる弾性支持薄膜と、それら弾性支持薄膜の中央部に形成された反射部と、その反射部に形成されたファブリ・ペロー開口部、駆動用電極及び変位センサ用電極と、ファブリ・ペロー開口部に形成され、互いに間隔を有する形態で平行配置された誘電体多層膜による一対の反射ミラーと、その一対の反射ミラーの間隔を保持するために配置されたギャップ保持用スペーサとを備え、駆動用電極に対する印可電圧に基づいて一対の反射ミラー間の間隔を制御することにより透過中心波長を変化させる機能を有する構成とすることもできる。駆動用電極としては、これを複数設けることもできる。また、変位センサ用電極間の静電容量を測定する手段と、その測定値に基づいて前記反射ミラー間のギャップ長をモニタし、目的とするギャップ長となるように駆動用電極に対する印可電圧を制御する手段とを含む構成とするのも大変好適である。変位センサ用電極としては、これを複数設けることもできる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照し、本発明の好適な実施の形態について説明する。図1は、本実施の形態に係る波長可変レーザーの全体構成図であり、図2はファブリペロー型光波長可変フィルタの分解斜視図、図3は同ファブリペロー型光波長可変フィルタの断面図、図4は印可電圧とフィルタ中心波長の関係を示すグラフである。

【0012】（実施の形態1）本実施の形態に係る波長可変レーザーは、連続的な共振波長可変動作を可能とし、かつ安定したシングルモード発振を行える構成としている。具体的には図1に示すように、中心軸5上にレーザー素子1、レーザー側レンズ10、波長可変光バンドパスフィルタ2、ハーフミラー3、ファイバ側レンズ11、ファイバ4が配置された構成である。

【0013】レーザー素子1は、マルチモード発振型のファブリ・ペロー型レーザーであり、レーザー側レンズ10は、レーザー素子1からの出射光を平行光に変換する。光バンドパスフィルタ2は、透過中心波長調整機構を持つ狭帯域の光バンドパスフィルタであり、図1に示すとおり中心軸5に対して斜めに配置されている。ハーフミラー3は、入射光の一部を反射、大部分を透過する素子であり、中心軸5に対して垂直に配置されている。レンズ11は、平行光をファイバ4へ結合し、結合した光はファイバ4へ入射する。

【0014】レーザー素子1から出射した光は、レーザー側レンズ10にて平行光に変換された後、波長可変フィルタ2にて波長選択される。波長選択された光の一部はハーフミラー3にて反射し、再び波長可変フィルタ2を透過し、レーザー側レンズ10を経て、レーザー素子1に帰還される。

【0015】帰還した光はレーザー素子1の内部にて光増幅され、再び出射する。これを繰り返すことで、上記の光学系の間で外部共振器が形成され、レーザー素子1からの出射光は、波長可変光バンドパスフィルタ2の透過中心波長にてシングルモード発振となる。シングルモード発振した光は、ハーフミラー3にて大部分が透過し、ファイバ側レンズ11にて像変換された後、ファイバ4に結合する。

【0016】波長可変光バンドパスフィルタ2の透過中心波長を変化させることで、レーザー素子1の発振中心波長は変化し、ファイバ4へ出射される光の波長も変化するため、波長可変レーザーとして機能する。

【0017】さらに、より具体的な実施の形態について説明する。レーザー素子1は、インジウム・ガリウム・砒素・リン系化合物半導体にて製造した、1550nmを中心にマルチモード発振するファブリ・ペロー型レーザーである。

【0018】レーザー側レンズ10は、レーザー素子1からの出射光を光束径300μmの平行光に像変換し、ファイバ側レンズ11は平行光をファイバ4へ結合

するための像変換レンズである。本実施の形態では波長変化による結合効率の低下を防ぐために、これらのレンズに非球面レンズを用いている。

【0019】光バンドパスフィルタ2は、透過中心波長調整機構を持つ狭帯域の光バンドパスフィルタであり、バンドパスフィルタからの反射迷光抑圧のために、中心軸5に対して3度傾斜して配置されている。本実施の形態では小型化、広範囲での波長可変を実現するために、波長可変光バンドパスフィルタ2に、シリコンマイクロマシン技術にて製造したファブリ・ペロー型マイクロマシン光波長可変フィルタを用いている。マイクロマシン光波長可変フィルタの構成の一例を図2、図3に示す。

【0020】図2は、本光波長可変フィルタの分解斜視図である。本フィルタは絶縁体である弾性支持薄膜201、反射部202に形成されたファブリ・ペロー開口部203、駆動用電極204、変位センサ用電極205、ギャップ保持用スペーサ206にて構成される。ファブリ・ペロー開口部203には誘電体多層膜による反射ミラー207（図3参照）が形成されている。

【0021】図3は、本光波長可変フィルタの断面図である。両対面の反射ミラー207はギャップ保持用スペーサ206にて約7μmの間隔を持つように保持されている。また、反射ミラー207の反射率は99%である。駆動用電極204に電圧を加えないときのフィルタ中心波長は1600nm、フィルタの半値全幅は、レーザー素子1のモード間隔よりも狭い0.4μmである。またファブリ・ペローの次モードとの共振周期(FSR)は、レーザー素子の発振範囲よりも広く、約200nmである。本光波長可変フィルタの透過特性を図7に示す。

【0022】ハーフミラー3は、入射光の一部を反射、大部分を透過する素子であり、中心軸5に対して垂直に配置されている。本実施の形態では厚さ0.5mmの平行平板ガラスに誘電体多層膜によってハーフミラー3を形成している。ハーフミラー3の反射率は8%、透過率は92%である。

【0023】ファイバ4は、偏光保持型シングルモード・ファイバで、ファイバ端面は反射を抑制するために中心軸に対して5度の斜面となるように研磨されており、端面には誘電体多層膜による反射防止コートが施されている。ファイバ4の偏光保持面とレーザー素子1の射出偏光は一致しており、ファイバ4を導波する光の偏光状態は直線偏光が保持される。

【0024】（動作の説明）はじめに、本発明のシングルモード発振動作についての詳細を図1を用いて説明する。レーザー素子1から射出した光101は、レーザー側レンズ10にて平行光に変換された後、波長可変光バンドパスフィルタ2を透過する際に、フィルタ透過中心波長近傍の発振モードのみ透過する。その他の発振モードはフィルタ2にて反射され、迷光105となる。

【0025】波長可変光バンドパスフィルタ2を透過した光102は、ハーフミラー3にて、その光の一部が反射する。反射した光104は、再び波長可変光バンドパスフィルタ2を透過し、レーザー側レンズ10によって像変換され、レーザー素子1に帰還する。帰還した光104は、レーザー素子1の内部で光増幅され、レーザー素子1の端面より再び光101として射出される。

【0026】これを繰り返すことで、レーザー素子1とハーフミラー3までの光学系によって外部共振器が形成されるため、光102はフィルタ中心波長にて、きわめて線幅の細いシングルモード発振の光となる。シングルモード発振の光103は、ハーフミラー3にてその大部分が透過し、ファイバ側レンズ11にて像変換された後、ファイバ4に結合する。

【0027】次に、波長可変動作について図2、3を用いて説明する。図3の駆動用電極(1)、(2)に電圧を加えると、2つの駆動用電極(1)、(2)間にクーロン力が発生する。発生するクーロン力の方向は、2つの電極間の間隔が狭くなる方向である。よって電圧を加えることにより、2つのミラーの間隔は狭くなる。

【0028】印加電圧と2つのミラーの間隔変化（変位量）は、下記(1)式（クーロンの法則）より、電圧の自乗に比例し、電極の間隔の自乗に反比例する。

$$\text{クーロン力} : F = a V^2 / G^2 = k \delta G \quad (1)$$

V : 印加電圧

G : 電極間隔

δG : 変位量

a, k : 定数

【0029】一方、2つのミラーの間隔とフィルタ透過中心波長の変動量は下記(2)～(4)式（ファブリ・ペロー共振の式）より線形であり、ミラーの間隔が狭くなると中心波長は短波長側にシフトする。

$$m = \text{int} (2L \cos \theta / \lambda c) \quad (2)$$

$$\text{FSR} = 2L \cos \theta / m(m+1) \quad (3)$$

$$\lambda p = 2L \cos \theta / m \quad (4)$$

λp : フィルタ透過中心波長

m : 発振モード

L : ミラーの間隔

θ : 図1における中心軸5と光フィルタ中心軸との傾斜角（図示例では3度）

λc : 波長可変帯域の中心波長（（最小波長+最大波長）/2）

【0030】本実施の形態（FSR=200nm：ミラーの間隔=約7μm）は、1500nm～1600nmにおける波長可変動作の実現を目標としており、その際に必要なミラー可動量は、上記(2)式より、1/4波長（本実施の形態の場合は約0.4μm）である。これはミラーの間隔と比較して十分小さいため、無視して考えることができる。

【0031】上記前提条件においては上記(1)、

(4) 式から、フィルタ透過中心波長変動量は印加電圧の2乗に比例して変化する。印加電圧とフィルタ中心波長の関係を図4に示す。

【0032】駆動用電極への電圧印加によってフィルタの透過中心波長が変化すると、前述の外部共振器における共振波長が変化するため、ファイバ4に結合される光の波長も変化し、波長可変フィルタとして動作する。

【0033】なお、本実施の形態においては波長可変光バンドパスフィルタ2の透過中心波長、すなわち2つの反射ミラー207の間隔が発振波長を決定付けるため、環境変化などによる反射ミラー207の間隔の変化がないようにする必要がある。

【0034】そこで、本実施の形態では駆動用電極204の脇に取り付けられた2つの変位センサ用電極205の間の静電容量を測定することでギャップ長をモニタし、フィードバックループを形成することで、発振波長を安定に保持することが可能である。

【0035】(実施の形態2) 次に、本発明の他の実施の形態について、図5を参照して説明する。本実施の形態では、波長可変光バンドパスフィルタにマイクロマシン型ファブリ・ペロー光フィルタに代わり、誘電体多層膜にて形成される狭帯域光バンドパスフィルタ21と、その狭帯域光バンドパスフィルタ21を回転駆動するための駆動部22から構成されている。

【0036】狭帯域光バンドパスフィルタ21は、厚さ0.3mmのガラス上に誘電体多層膜にて狭帯域光バンドパスフィルタを形成したもので、フィルタの中心波長は、フィルタへの光線の入射角が5度のときに1600nm、半値全幅は0.4nmである。

【0037】駆動部22は、モータを用いた回転機構及びロータリーエンコーダを用いた回転角検出機構からなり、狭帯域光バンドパスフィルタ21の光線入射角を5度から50度まで可変させる機能を持つ。また、ロータリーエンコーダーにて光線入射角を検出することが可能である。

【0038】誘電体多層膜にて形成した狭帯域光バンドパスフィルタ21の光線入射角とフィルタ中心波長の関係は、下記(5)式で表わされる。

$$\lambda_p = x \cos \theta$$

λ_p : フィルタ中心波長

θ : 光線入射角

x : 定数

【0039】本実施の形態では、1500nm~1600nmにおける波長可変動作の実現を目標としており、その際に必要な入射角変動量は、本実施の形態で用いた誘電体多層膜の場合、約38度であった。

【0040】狭帯域光バンドパスフィルタ21への光線入射角と中心波長の関係の一例を図6に示す。なお、狭帯域光バンドパスフィルタ21の中心波長を変化させることによるレーザー発振波長の変化の動作については、

マイクロマシン型ファブリ・ペロー光フィルタを用いた場合と同一である。

【0041】

【発明の効果】本発明の第1の技術的效果は、波長可変範囲が広範であるにも関わらず小型であり、かつ連続的な波長可変動作が可能であることである。その理由は、波長選択素子に、マイクロマシンを用いたファブリ・ペロー型波長可変フィルタを用いているからである。

【0042】第2の技術的效果は、高出力なことである。その理由は、外部共振器を形成している光学系の中に、像変換用のレンズが含まれており、共振器部分での光学的損失が小さいためである。

【0043】第3の技術的效果は、製造が容易なことである。その理由は、波長選択素子に透過型の光フィルタを用いているために、光学素子の位置、角度ずれによる損失増加が小さいためである。

【0044】第4の技術的效果は、環境変化に対して波長シフトが発生しないことである。その理由は、波長可変フィルタの透過中心波長について、位置検出によるメカニカルなフィードバックをかけることが可能なためである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る波長可変レーザーの全体構成図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る波長可変レーザーのファブリ・ペロー型光波長可変フィルタの分解斜視図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る波長可変レーザーのファブリ・ペロー型光波長可変フィルタの断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係る波長可変レーザーの印加電圧とフィルタ中心波長の関係を示すグラフである。

【図5】本発明の実施の形態2に係る波長可変レーザーの全体構成図である。

【図6】本発明の実施の形態2に係る波長可変レーザーの光線入射角とフィルタ中心波長の関係を示すグラフである。

【図7】本発明の実施の形態1に係るファブリ・ペロー型光波長可変フィルタの透過特性の一例を示すグラフである。

【図8】従来の波長可変レーザーの一例を示す構成図である。

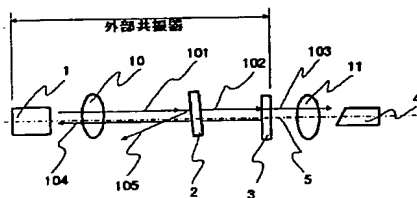
【図9】従来の波長可変レーザーの別の一例を示す構成図である。

【符号の説明】

- 1 レーザー素子
- 2 波長可変光バンドパスフィルタ
- 3 ハーフミラー
- 4 光ファイバ

- 5 中心軸
 10 レーザー側レンズ
 11 ファイバ側レンズ
 21 狭帯域光バンドパスフィルタ
 22 駆動部
 101 レーザー素子からの出射光
 102 バンドパスフィルタを透過した光
 103 ハーフミラーを透過した光
 104 ハーフミラーで反射した光
 105 バンドパスフィルタで反射した光
 201 弾性支持薄膜
 202 反射部

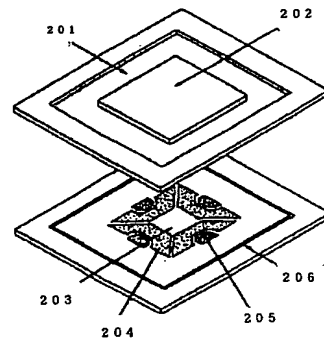
【図1】



- 1 レーザー素子
 2 狭帯域光バンドパスフィルタ
 3 ハーフミラー
 4 光ファイバ
 5 中心軸
 10 レーザー側レンズ
 11 ファイバ側レンズ
 101 レーザー素子からの出射光
 102 バンドパスフィルタを透過した光
 103 ハーフミラーを透過した光
 104 ハーフミラーで反射した光
 105 バンドパスフィルタで反射した光

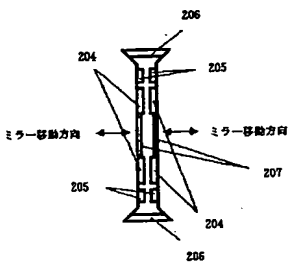
- 203 ファブリ・ペロー
 204 駆動用電極
 205 変位センサ用電極
 206 ギャップ保持用スペーサ
 1a レーザー素子
 1b 回折格子
 1c レンズ
 1d 光ファイバ
 2a レーザー素子
 2b 反射ミラー
 2c レンズ
 2d 光ファイバ

【図2】



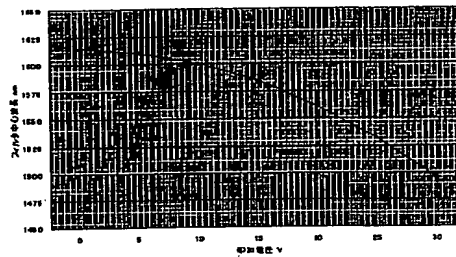
- 201 弾性支持膜
 202 反射部
 203 ファブリ・ペロー
 204 駆動用電極
 205 変位センサ用電極
 206 ギャップ保持用スペーサ

【図3】

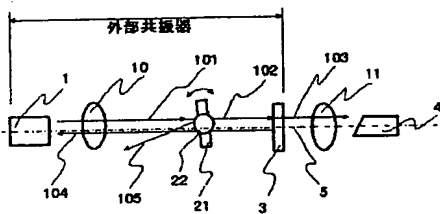


- 204 駆動用電磁
205 変位センサ用電極
206 ギヤップ保持用スペーサ
207 反射ミラー

【図4】

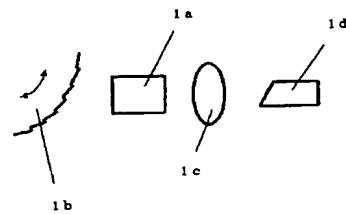


【図5】



- 1 レーザー素子
3 ハーフミラー
4 光ファイバ
5 中心軸
10 レーザー側レンズ
11 ファイバ側レンズ
21 狭帯域光バンドパスフィルタ
22 駆動部
101 レーザー素子からの出射光
102 バンドパスフィルタを透過した光
103 ハーフミラーを透過した光
104 ハーフミラーで反射した光
105 バンドパスフィルタで反射した光

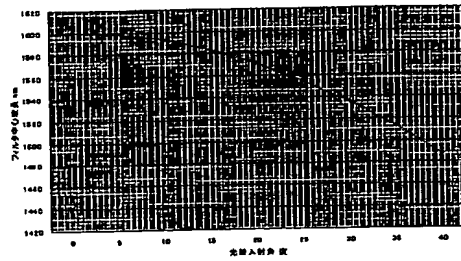
【図8】



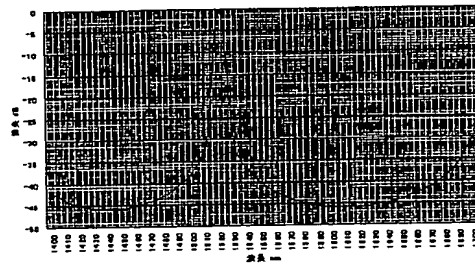
- 1a レーザー素子
1b 回折格子
1c レンズ
1d 光ファイバ

BEST AVAILABLE COPY

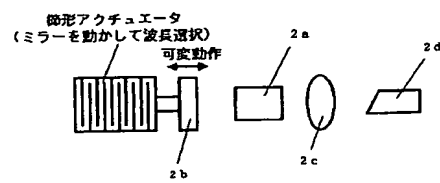
【図6】



【図7】



【図9】



- 2 a レーザー素子
- 2 b 反射ミラー
- 2 c レンズ
- 2 d 光ファイバ

BEST AVAILABLE COPY